

Docket No.: SB-519

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : GÜNTER KNERINGER ET AL.  
Filed : , CONCURRENTLY HEREWITH  
Title : HEAT SINK FORMED OF DIAMOND-CONTAINING  
COMPOSITE MATERIAL WITH A MULTILAYER COATING

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119,  
based upon the Austrian Utility Model GM 629/2002, filed September 23, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted  
herewith.

Respectfully submitted,

  
For Applicants

LAURENCE A. GREENBERG  
REG. NO. 29,308

Date: September 23, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101

/kf





# ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT

A-1200 Wien, Dresdner Straße 87

Kanzleigeühr € 15,00  
Schriftengebühr € 65,00

Aktenzeichen **GM 629/2002**

Das Österreichische Patentamt bestätigt, dass

**die Firma PLANSEE AKTIENGESELLSCHAFT  
in A-6600 Reutte  
(Tirol),**

am **23. September 2002** eine Gebrauchsmusteranmeldung betreffend

**"Wärmesenke aus diamant-haltigem Verbundwerkstoff mit mehrlagigem  
Überzug",**

überreicht hat und dass die beigeheftete Beschreibung samt Zeichnung mit  
der ursprünglichen, zugleich mit dieser Gebrauchsmusteranmeldung  
überreichten Beschreibung samt Zeichnung übereinstimmt.

Es wurde beantragt, Dr. Günter Kneringer in Wängle (Tirol), Dr. Arndt  
Lüdtke Ehenbichl (Tirol), als Erfinder zu nennen.

Österreichisches Patentamt  
Wien, am 2. September 2003

Der Präsident:



**HRNCIR**  
Fachoberinspektor

J

1

100

(Bei der Anmeldung sind nur die eingerahmten Felder auszufüllen - bitte fett umrandete Felder unbedingt ausfüllen!)

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

PLANSEE AKTIENGESELLSCHAFT  
Reutte, Tirol (AT)

(54) Titel :

WÄRMESENKE AUS DIAMANT-HALTIGEM VERBUNDWERKSTOFF MIT  
MEHRLAGIGEM ÜBERZUG

(61) Abzweigung von

(66) Umwandlung von A

/

(62) gesonderte Anmeldung aus (Teilung): GM

/

(30) Priorität(en):

(72) Erfinder:

Kneringer, Günter, Dr., Wängle (AT)  
Lüdtke, Arndt, Dr., Ehenbichl (AT)

(22) (21) Anmeldetag, Aktenzeichen:

, GM

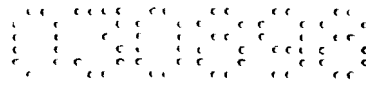
/

(42) Beginn des Schutzes:

(45) Ausgabetag:

Zur Verstärkung der Wärmeableitung vom Chip wird dieser üblicherweise flächig auf ein ebenes Substrat hoher Wärmeleitfähigkeit aufgebracht, bevorzugt stoffschlüssig gefügt, beispielsweise verlötet.

Ein gut haftender flächiger Verbund und störungsfreie Funktion des Chips sind um so besser gewährleistet, je mehr die spezifischen thermischen



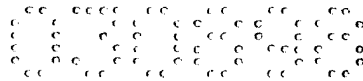
## Ausdehnungskoeffizienten von Chip-Werkstoff und Substrat-Werkstoff

übereinstimmen, bzw. angenähert sind.

Wegen der Ähnlichkeit der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu denen der gebräuchlichen Chip-Werkstoffe werden Wärmesenken auf Basis von W und Mo verwendet, in der Regel im Verbund mit elektrisch und thermisch gut leitenden Metallen, wie beispielsweise Cu. Alternativ und unter besonderer Bedachtnahme auf weitgehende Verzugsfreiheit werden auch Schichtverbunde, beispielsweise ein Cu-MoCu-Cu Verbund hoher thermischer und elektrischer Leitfähigkeit eingesetzt.

Mit den steigenden Anforderungen an die thermische Leitfähigkeit von Wärmesenken besann man sich der herausragenden Eigenschaften von Diamant, aus Kostengründen in Form von aus Diamantkörnern verpressten Formkörpern oder in Form von aus der Gasphase auf einem gut leitenden Werkstoff abgeschiedenen Diamantschichten.

Für die Funktion eines elektronischen Bauelementes ist es indes unerlässlich, seine mit der Wärmesenke gefügte Grundfläche auf einem vorbestimmten elektrischen Potential zu halten, beispielsweise gut zu erden. Das aber verlangt eine gute elektrische Leitfähigkeit des Wärmesenkenwerkstoffes, zumindest im Bereich der Fügefläche mit dem Chip, eine Bedingung, die der Werkstoff Diamant nicht erfüllt. Entsprechend fehlte es nicht an bis heute wenig erfolgreichen Versuchen, entweder den Formkörper aus kompaktiertem Diamant selbst ausreichend elektrisch leitend zu machen, ohne gleichzeitig den thermischen Ausdehnungskoeffizienten untragbar zu erhöhen, oder alternativ entsprechend fehlgeschlagener Versuche, Diamant-Formkörper mit gut haftenden, elektrisch leitenden Metallschichten zu versehen. Beispiele für das zuvor Gesagte finden sich in der Patentliteratur.



So beschreibt die EP 1 143 044 A1 ein Substrat-Material, bestehend aus einem Diamant-Formkörper, der oberflächlich mit einer SiC-Schicht versehen ist. Die SiC-Schicht besitzt gegenüber dem Diamant-Formkörper eine wesentlich geringere thermische Leitfähigkeit und beeinträchtigt so die Qualität des Verbundes als Wärmesenke.

Die GB 2 311 539 B beschreibt ebenfalls als Wärmesenke für elektrische Komponenten ein metallisches Substrat, das mit einer vorzugsweise aus der Gasphase abgeschiedenen Diamant-Schicht versehen ist und wobei als Substratmetall W, Mo, W-Cu oder W-Ag verwendet wurde. Zur Bildung einer funktionstüchtigen Diamant-Schicht muss diese vergleichsweise dick ausgeführt sein. Dicke Schichten führen zu nicht beherrschbarem, nicht tolerierbarem Verzug der Substratoberfläche.

Die US 5 273 790 A beschreibt einen Diamant-Verbundwerkstoff mit einer thermischen Leitfähigkeit  $> 1700 \text{ W/(m K)}$ , bei dem lose in Form gebrachte Diamant-Teilchen mittels nachfolgender Diamant-Abscheidung aus der Gasphase, dort Infiltration genannt, in einen stabilen Formkörper übergeführt werden. Der so gefertigte Diamant-Verbund ist für die kommerzielle Anwendung in Massenteilen zu teuer.

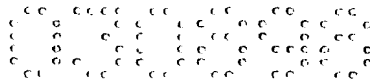
In der WO 99/12866 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Diamant-SiC-Verbundwerkstoffes beschrieben, welcher praktisch nichtleitend ist. Um ihn als Werkstoff für Wärmesenken brauchbar, d.h. leitend zu machen, wurde der Formkörper versuchsweise mit Metallschichten, beispielsweise mit Cu oder Au versehen. Wegen der völlig unzureichenden Schichthaftung kam dieser



Werkstoffverbund bisher jedoch nicht in Wärmesenken für Halbleiterkomponenten zum Einsatz.

Zur geometrischen Formstabilisierung von thermisch hoch beanspruchten, plattenförmigen Wärmesenken ist es üblich, im Randbereich einen Gehäuserahmen stoffschlüssig aufzubringen. Diese Maßnahme dient dem Schutz des Verbundsubstrats gegen Verzug oder Oberflächenkrümmung infolge der unvermeidlich auftretenden thermomechanischen Spannungen. Ohne diesen Stützrahmen kommt es bei den bisher bekannten Bauteil Ausführungen infolge hoher thermomechanischer Wechselbeanspruchungen zu Materialverzug und Verlust der stoffschlüssigen Verbindung zwischen Chip und Substrat. Auf Grund des niedrigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der guten praktischen Ergebnisse zur Lötbarkeit mit den bisher für das Substrat verwendeten Werkstoffen wird für das Rahmenmaterial bisher fast ausschließlich  $\text{Al}_2\text{O}_3$  verwendet.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  lässt sich indes mit Diamant-Werkstoffen nicht dauerhaft stoffschlüssig verbinden und fällt damit als Material für einen Gehäuserahmen auf Diamant-Substraten aus.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es somit, für ein als Wärmesenke vorgesehenes Bauteil einen Werkstoff, bzw. Werkstoffverbund vorzuschlagen, der bezüglich der Kombination von thermischer und elektrischer Leitfähigkeit die bisher bekannten Werkstoffe übertrifft, und wobei die Bauteiloberfläche keinen oder einen nur so geringen Verzug aufweist, dass eine dauerhaft stoffschlüssige Verbindung mit dem Halbleiter-Chip möglich und die stoffschlüssige Ausgestaltung des unverzichtbaren Gehäuserahmens sichergestellt ist.



Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Bauteil der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

Das beanspruchte Bauteil hat einen Aufbau, wie er schematisiert in Fig. 1 dargestellt ist.

Fig. 1 zeigt ein als Wärmesenke verwendbares Bauteil, bereits mit einer auf diesem aufgebrachter Halbleiterkomponente, in einer üblichen Ausgestaltung.

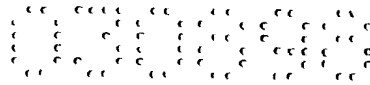
Auf ein Substrat aus einem diamanthaltigen Verbundwerkstoff -1- mit ebener Oberfläche -4- ist im gesamten Bereich dieser Oberfläche ein mehrlagiger, metallischer Überzug -5- schichtweise aufgebracht. Auf dem mit Überzug versehenen Verbundsubstrat ist in dessen Randbereich ein geschlossener Gehäuserahmen -2- aufgelötet.

Auf das so weit fertiggestellte Bauteil ist eine Halbleiterkomponente -3- flächig aufgebracht. Nicht dargestellt sind die elektrischen Zuleitungen zur Halbleiterkomponente und der üblicherweise auf dem Gehäuserahmen luftdicht aufgebrachte, die gesamte Rahmenfläche überdeckende Gehäusedeckel.

Der stoffliche Aufbau des Bauteils gemäß Erfindung ist demnach auf eine räumliche Konzeption des kompletten Halbleiterbauteils entsprechend der Prinzipdarstellung von Fig. 1 zugeschnitten.

Die in der Aufgabenstellung formulierten Fortschritte, bzw. Vorteile gegenüber dem bekannten Stand der Technik ergeben sich für diese Art von kompletten Halbleiterbauteilen in Verwendung des erfindungsgemäßen Bauteils.

Die erfindungsgemäß eingeschränkte Gruppe aus der Vielzahl bekannter diamanthaltiger Formkörper zeigt eine nur geringe elektrische und eine besonders hohe thermische Leitfähigkeit. Der Diamant-Verbundformkörper gemäß Erfindung

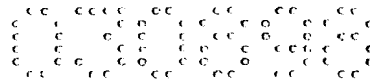


bringt zugleich die notwendigen Voraussetzungen für eine gute, dauerhafte stoffschlüssige Verbindung mit einer unverzichtbar hervorragend elektrisch leitenden Oberflächenschicht in Form des erfindungswesentlichen Überzuges mit. Auf diesem Überzug, bzw. auch auf die nur erste Schicht des Überzuges lässt sich der Gehäuserahmen aus AlN gasdicht, verzugsfrei und dauerhaft auflöten.

Eine auf einem derartigen Bauteil stoffschlüssig aufgebrachte Halbleiterkomponente besitzt die gewünschte dauerhafte Verbindung bei hoher elektrischer Leitfähigkeit im gesamten Bereich der Fügefläche und bei hoher spezifischer Wärmeableitung von der Halbleiterkomponente in das diamanthaltige Substrat. Die thermische Leitfähigkeit senkrecht zur Fügefläche liegt regelmäßig bei Werten  $>300 \text{ W/(m K)}$ . Das Bauteil gemäß Erfindung lässt sich vergleichsweise preiswert herstellen und ist daher in als Massenteile eingesetzten elektronischen Bauteilen anwendbar.

Als Substratwerkstoff eignen sich Diamant-Siliziumkarbid-Verbundwerkstoffe mit einem Diamantgehalt von 40 bis 80 Vol.% und einem Siliziumkarbid-Gehalt von 10 bis 50 Vol.%. Der Summengehalt an nicht gebundenem, amorphen Kohlenstoff, nicht gebundenem Silizium und weiteren, die Wärmeleitfähigkeit vermindernenden Komponenten liegt bei  $\leq 10 \text{ Vol.}\%$ .

Die erste, ein karbidbildendes Metall enthaltende Schicht des Überzuges kann alternativ mittels Aufbringen eines Aktivlotes oder auch mittels eines der bekannten Gasphasenabscheidungsverfahren, wie CVD oder PVD erfolgen. In jedem Fall muss durch Anwendung geeigneter Temperaturen an der Substratoberfläche sichergestellt sein, dass es dabei zur Karbidbildung, zumindest in einem Grenzflächenbereich kommt. Der benötigte Kohlenstoff entstammt, zumindest überwiegend, dem Diamant-Siliziumkarbid-Verbundsubstrat.

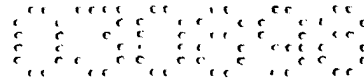


Als karbidbildende Metalle, deren Karbide auch bei höheren Temperaturen stabil sind, haben sich insbesondere die Metalle Ti, Zr, Hf, V, Nb und Ta, sowie deren Legierungen bewährt. Titan spielt dabei eine herausragende Rolle. Die erste Schicht dient als Haftvermittler und besitzt in der Regel nur mäßige thermische und elektrische Leitfähigkeit. Sie ist aus diesen Gründen vorteilhaft auf Dicken  $< 2 \mu\text{m}$  zu begrenzen, vorzugsweise auf Dicken unter  $1 \mu\text{m}$ . Die fertige Schicht besitzt vielfach einen stofflich gradierten Aufbau mit der höchsten Karbidkonzentration in einer unmittelbar der Grenzfläche zum Substrat benachbarten Zone.

Auf die erste Schicht folgend, besitzt das Bauteil eine zweite oder auch mehrere Schichten aus elektrisch gut leitenden Metallen wie beispielsweise Cu, Ni, Ag oder Au oder deren Legierungen, untereinander oder mit dritten metallischen Komponenten. Diese Schichten werden vorzugsweise galvanisch oder mittels PVD-Verfahren abgeschieden. Soweit Gold als Schichtmaterial verwendet wird, ist dieses vor allem als vergleichsweise dünne, äußerste Schicht auf eine vergleichsweise dicke zweite und eventuell dritte Schicht aufgebracht. Besonders bewährt hat sich die Schichtfolge Ti-haltige Schicht, Ni-Schicht, Au-Schicht.

Der Gehäuserahmen aus AlN ist auf dem mit einem Überzug versehenen Verbundsubstrat gasdicht aufzulöten. Auf der Rahmendeckfläche sind in weiterer Folge die elektrischen Kontaktfahnen zu einzelnen Oberflächenbereichen der Halbleiterkomponente zu befestigen. Der Rahmen dient dabei als mechanische Stütze für die Kontaktfahnen.

Im Unterschied zu dem bisher fast ausschließlich als Rahmenmaterial verwendeten  $\text{Al}_2\text{O}_3$  hat sich AlN gut bewährt, einmal wegen der besseren Übereinstimmung des thermischen Ausdehnungskoeffizienten zum Diamant-Verbundkörper, zum anderen wegen der besseren Lötbarkeit.



Der Gehäuserahmen wird alternativ entweder auf dem komplett aufgetragenen Überzug aufgelötet oder aber unmittelbar auf die erste Überzugsschicht. Im letzteren Fall werden die zweite und eventuell weitere Überzugsschichten erst nach dem Auflöten des Gehäuserahmens aufgebracht, regelmäßig nur in dem vom Gehäuse eingeschlossenen Oberflächenbereich des Substrates.

Einzelne, besonders vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen dargestellt.

Die Erfindung wird anhand des nachfolgenden Ausführungsbeispiels näher beschrieben.

Auf einem Substrat, bestehend aus 50 Vol.% Diamant, 45 Vol.% Siliziumkarbid und mit einem Summengehalt an freiem Silizium und amorphem Kohlenstoff von ca. 5 Vol.% und einer Dichte von 99,98 % wurde ein Ti-haltiges Aktivlot mit der Zusammensetzung 3 Gew.% Ti, 27 Gew. % Cu, Rest Ag in Form einer Folie aufgebracht. Durch eine Temperaturbehandlung bei 850°C wurde das Substrat flächig mit dem Lot benetzt. Das aktivlotbeschichtete Diamant-Verbundsubstrat wurde dann galvanisch mit einer 2 µm dicken Kupfer- und in weiterer Folge einer 1 µm dicken Goldschicht belegt. Damit wurde die notwendige elektrische Rückkontaktierung für eine später aufzubringende Halbleiterkomponente sichergestellt.

Danach wurde auf das mit Titanlot, Kupfer und Gold beschichtete Diamant-Siliziumkarbid-Substrat ein AlN-Gehäuserahmen bei 780°C aufgelötet.

Das so als Wärmesenke für Halbleiterkomponenten gefertigte Bauteil hat eine bis zu einer Temperatur von 800°C besonders haftfeste, elektrisch leitende und lötbare Oberfläche. Mittels geeigneter Messanordnung wurde eine resultierende Wärmeleitfähigkeit von ca. 400 W/ (m K) in der Kontakt-, bzw. Fügefläche zwischen Substrat und Halbleiterkomponente, sowie ein thermischer Ausdehnungskoeffizient von 3 ppm/K ermittelt.

Die Erfindung ist nicht auf die in der Beschreibung und im Beispiel genannten Ausführungen beschränkt.

## Ansprüche

1. Bauteil als Wärmesenke für Halbleiterkomponenten, aufgebaut aus einem ebenflächigen Substrat, bestehend aus einem Diamant-Siliziumkarbid-Verbundwerkstoff mit 40 bis 80 Vol.% Diamant, 10 bis 50 Vol.% Siliziumkarbid und max. 10 Vol.% nicht gebundenem Si, amorphem Kohlenstoff und/oder anderen Komponenten und einem in dessen Randzonen flächig gefügten, keramischen AlN Gehäuserahmen, dadurch gekennzeichnet, dass auf das Diamant-Siliziumkarbid-Substrat ein mehrlagiger, metallischer Überzug mit einer ersten, ein karbidbildendes Metall enthaltenden Schicht und mit mindestens einer zweiten, überwiegend aus Cu, Ni, Ag und/oder Au bestehenden Schicht aufgebracht ist und dass auf das mindestens mit der ersten Schicht versehene Substrat der Gehäuserahmen aus AlN aufgelötet ist.
2. Bauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste, ein karbidbildendes Metall enthaltende Schicht eine Dicke von  $< 2 \mu\text{m}$  aufweist.
3. Bauteil nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass dessen Oberfläche Bereiche zur flächigen Auflötung eines Halbleiter-Chips aufweist.
4. Bauteil nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die karbidbildende erste Schicht zumindest ein Metall aus der Gruppe Ti, Zr, Hf, V, Nb und Ta enthält.

5. Bauteil nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Leitfähigkeit des beschichteten Diamant-Siliziumkarbid-Substrats senkrecht zu dessen Überzugsschichten  $> 300 \text{ W/ (m K)}$  beträgt.
6. Bauteil nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Überzug des Diamant-Siliziumkarbid-Substrats die Schichtfolge Ti, Ni, Au besitzt.
7. Bauteil nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht als Lot aufgebracht ist.
8. Bauteil nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht mittels Gasphasenabscheidung aufgetragen ist.



## Zusammenfassung

Das als Wärmesenke für Halbleiterkomponenten dienende Bauteil besteht aus einem Diamant-Siliziumkarbid-Substrat mit einem mehrschichtigen Überzug auf zumindest einer Substrat-Oberfläche und aus einem darauf aufgelöteten Gehäuserahmen aus AlN. Das Bauteil erfüllt die an ihn gestellten Anforderungen in hohem Maße, das sind gute flächige Fügbarkeit der Halbleiterkomponente, hoher Wärmeübergang durch die Fügezone und gute elektrische Leitfähigkeit des Bauteils in der Fügezone.

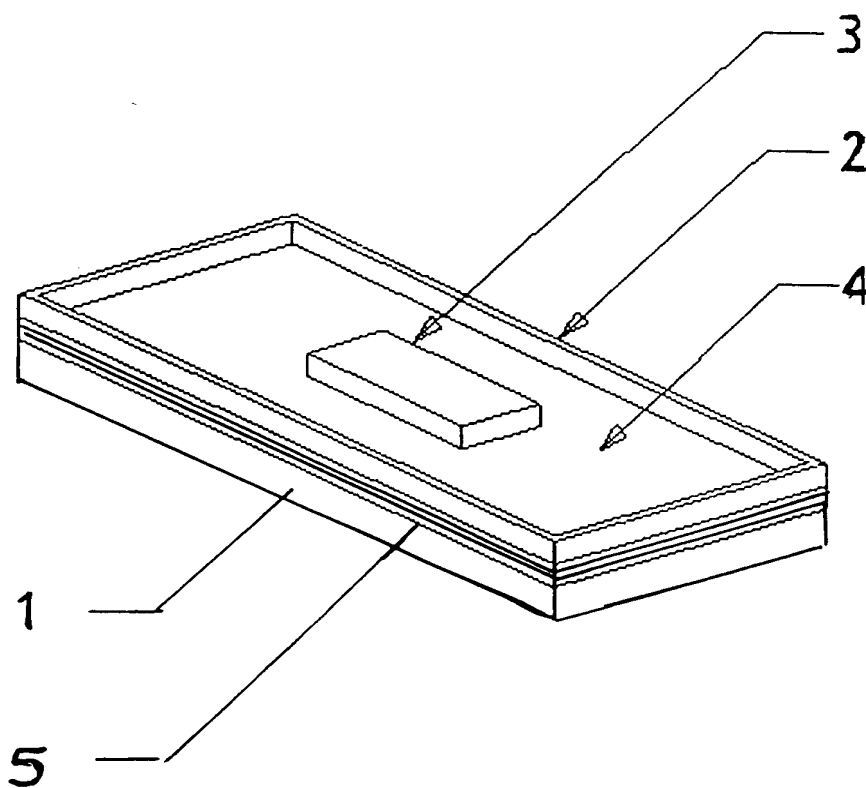
GM

629 / 2002

030898

Urtext

FIG. 1



Docket # SB-519

Applic. # \_\_\_\_\_

Applicant Günter Kneringer et al.

Lerner and Greenberg, P.A.

Post Office Box 2480

Hollywood, FL 33022-2480

Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101